

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Návrh upínacího přípravku a nástroje
pro výrobu zakusovacích čelistí
Clamping Jig and Cutting Tool Design for
Chuck Jaw Production

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Tomáš Moch
prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. 5. 2018.



.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. 5. 2018.



.....
Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Moch

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Svobody 22, 747 23 Bolatice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MOCH, T. Návrh upínacího přípravku a nástroje pro výrobu zakusovacích čelistí. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, 40 s. Vedoucí práce: Mrkvica, I.

Cílem bakalářské práce je navrhnout přípravek a nástroje pro obrábění zakusovacích čelistí dle zadání zákazníka. Teoretická část práce se zabývá návrhem přípravku a nástroje pro výrobu. V praktická části bakalářské práce došlo k samotnému vyrobení a odzkoušení navrhnutého přípravku a nástroje. Výsledky vedly k návrhu přípravku 2.0, který by měl opět urychlit výrobu dalších dílů.

ANOTATION OF BACHELOR THESIS

MOCH, T. Clamping Jig and Cutting Tool Design for Chuck Jaw Production: BachelorThesis. Ostrava: VŠB -Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering, 2018, 40 p. Thesis head: Mrkvica, I.

The aim of the bachelor thesis is to propose Clamping Jig and tools for Chuck Jaw according to the customer's order. The theoretical part deals with the proposal Clamping Jig and Tool for machining. In the practical part of bachelor thesis there was produced and testing proposed Clamping Jig and Tool. The results led to the design of Clamping Jig 2.0, which should again accelerate production other parts.

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Moch**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Návrh upínacího přípravku a nástroje pro výrobu zakusovacích čelistí**
Clamping Jig and Cutting Tool Design for Chuck Jaw Production
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Technologický postup výroby zakusovacích čelistí.
2. Konstrukční návrh přípravku pro upnutí čelistí pro operaci frézování.
3. Konstrukční návrh obráběcího nástroje pro frézování čelistí.
4. Zpracování výkresové dokumentace přípravku a nástroje.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:


MRKVICA, M. *Přípravky a obráběcí nástroje, II. díl Přípravky*. 3. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2015, 184 s. ISBN 978-80-248-3776-5.
CHVÁLA, B., VOTAVA, L. *Přípravky*. Praha: SNTL Praha, 1988, 214 s.
ŘASA, J. Upínací technika pro průmysl 4.0. *MM Průmyslové spektrum*, 6/2016, s. 56-57. ISSN 1212-2572.
KADERKA, J. Moderní metody upínání. *MM Průmyslové spektrum*, 9/2015, s. 98. ISSN 1212-2572.
ŠVEC, S. *Řezné nástroje*, Praha: ČVUT Praha, 1970, 368 s.
ŘASA, J. *Výpočetní metody v konstrukci řezných nástrojů*, Praha: SNTL Praha, 1986, 464 s.
NORMY, PROSPEKTY, KATALOGY.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Ivan Mrkvica**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Úvod a cíl	10
1 Charakteristika firmy Josef Moch.....	11
2 Technologický postup výroby zakusovacích čelistí.	13
2.1 Materiál zakusovacích čelistí	13
2.2 Výrobní prostředky	14
2.2.1 Dělení materiálu	15
2.2.2 Frézování	15
2.2.3 Odjehlení	16
2.3 Nástroje a jejich řezné podmínky	17
2.4 Technologický postup výroby	19
3 Konstrukční návrh přípravku pro upnutí čelistí pro operaci frézování.	20
3.1 Přípravky	20
3.2 Vyrobený přípravek.....	24
3.3 Materiál přípravku	26
4 Konstrukční návrh obráběcího nástroje pro frézování čelistí.	27
4.1 Konečný výběr dodavatele nástroje	30
5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.....	31
5.1 Výroba přípravku	31
5.2 Cena nástrojů	31
5.3 Materiál.....	33
5.4 Řezání materiálu	33
5.5 Frézování dílu	33
6 Závěr.....	35
6.1 Vylepšení přípravku	36
Seznam literatury	37

Seznam obrázků	38
Seznam tabulek	39

Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Jednotka	Značka
a.s.	[-]	Akciová společnost
CNC	[-]	Computer numeric control
$C_{\text{celkem_ks}}$	[Kč]	Celková cena za výrobu zakusovací čelisti
C_{cnc}	[Kč]	Cena za frézování na 1 kus zakusovací čelisti
$C_{\text{dok_frez}}$	[Kč]	Cena za všechny dokončovací frézy
$C_{\text{dok_frezy}}$	[Kč]	Cena za 1 ks dokončovací frézy
$C_{\text{dok_frezy_ks}}$	[Kč]	Cena za dokončovací frézy na 1 kus zakusovacích čelistí
C_{frez}	[Kč]	Cena za všechny hrubovací frézy
C_{frezy}	[Kč]	Cena za 1 ks hrubovací frézy
$C_{\text{frez_ks}}$	[Kč]	Cena za všechny hrub. frézy na 1 kus zakusovací čelisti
C_{mat}	[Kč]	Cena materiálu na 1 kus zakusovací čelisti
C_{tyce}	[Kč]	Cena 1 tyče materiálu na zakusovací čelisti
$C_{\text{uhl_frez}}$	[Kč]	Cena za všechny úhlové frézy
$C_{\text{uhl_frezy}}$	[Kč]	Cena za 1 ks úhlové frézy
$C_{\text{uhl_frez_ks}}$	[Kč]	Cena za všechny úhlové frézy na 1 kus zakusovací čelisti
$C_{\text{upínače}}$	[Kč]	Cena za 1 ks upínače
$C_{\text{upínačů}}$	[Kč]	Cena za všechny upínače
$C_{\text{prip_ks}}$	[Kč]	Cena za celý přípravek na 1 kus zakusovací čelisti
$C_{\text{př}}$	[Kč]	Cena za výrobu přípravku
$C_{\text{přípravku}}$	[Kč]	Cena za celý přípravek včetně upínačů
$C_{\text{prip_ks}}$	[Kč]	Cena za celý přípravek na 1 kus zakusovací čelisti
C_{rez}	[Kč]	Cena za řezání na 1 kus zakusovací čelisti
ČSN	[-]	Česká státní norma
f_z	[mm]	Posuv na zub

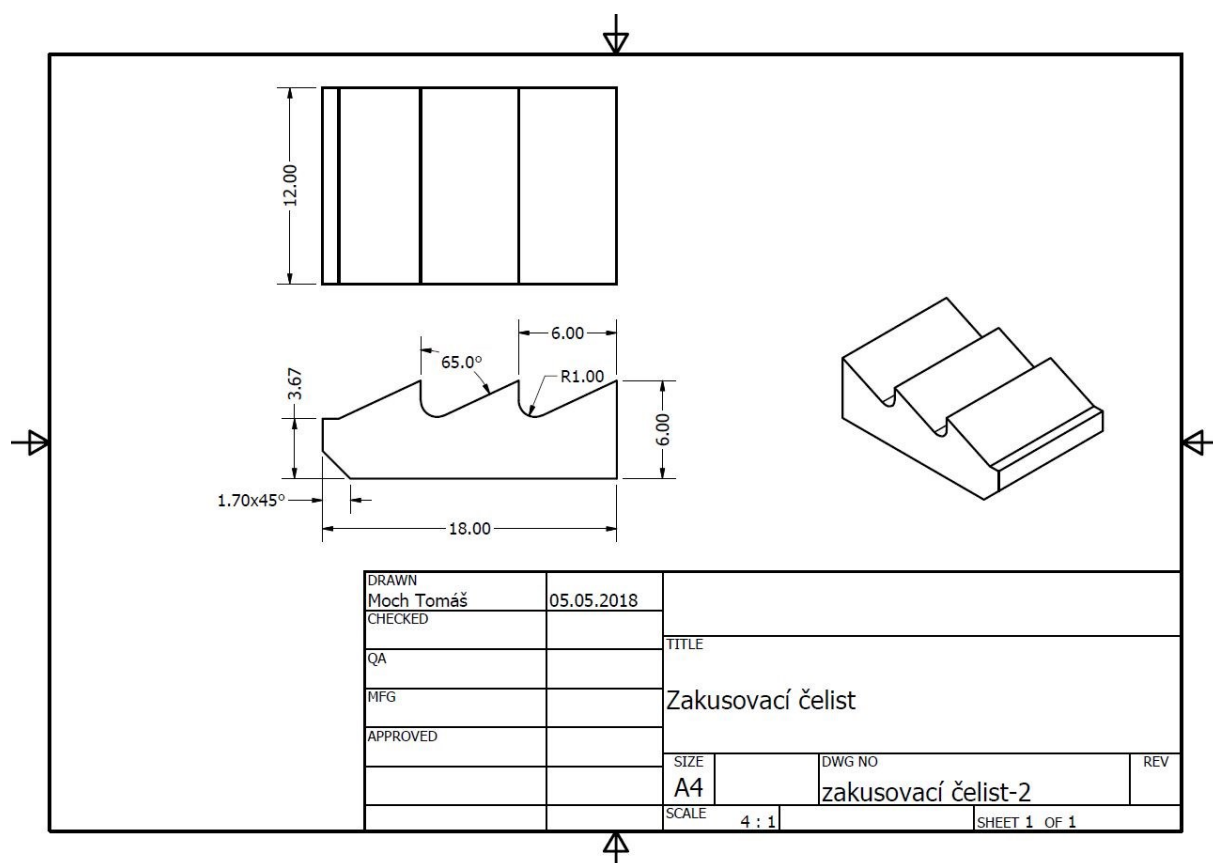
$K_{S_{cel}}$	[-]	Celkový počet vyráběných zakusovacích čelistí
$K_{S_{CNC_hod}}$	[-]	Počet kusů ofrézovaných za hodinu
$K_{S_{Dok_fr}}$	[-]	Celkový počet dokončovacích fréz
$K_{S_{dok_fr_odhad}}$	[-]	Odhad životnosti dokončovací frézy
$K_{S_{fr_odhad}}$	[-]	Odhad životnosti hrubovací frézy
$K_{S_{hrub_fr}}$	[-]	Celkový počet nakoupených hrubovacích fréz
$K_{S_{rezhod}}$	[-]	Počet kusů uřezaných za hodinu
$K_{S_{rezuhod}}$	[-]	Počet řezů pásové pily za hodinu
$K_{S_{rez_najednou}}$	[-]	Počet řezaných kusů najednou
$K_{S_{uhl_fr}}$	[-]	Celkový počet nakoupených úhlových fréz
$K_{S_{uhl_fr_odhad}}$	[-]	Odhad životnosti úhlové frézy
$K_{S_{upínačů}}$	[-]	Celkový počet nakoupených upínačů
$K_{S_z_tyce}$	[-]	Počet kusů zakusovacích čelistí nařezaných z jedné tyče
$Sazba_{CNC}$	[Kč/hod]	Hodinová sazba CNC obráběcího centra
$Sazba_{pily}$	[Kč/hod]	Hodinová sazba pásové pily
n	[min ⁻¹]	Otáčky
ISO	[-]	Mezinárodní organizace pro standardizaci
s.r.o.	[-]	Společnost s ručením omezeným
v_c	[m.min ⁻¹]	Řezná rychlost
z	[-]	Počet zubů frézy

Úvod a cíl

V důsledku každé velké série vyráběných dílů jsou kladeny velké požadavky na nízkou cenu, přesnost a rychlost výroby. Proto je důležité vyvinout pro výrobu co nejefektivnější přípravky a nástroje, které nám umožní zkrátit výrobní časy na minimum za udržení konstantní kvality výrobků.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a výrobou přípravku a nástrojů pro výrobu zakusovacích čelistí firmou Josef Moch se sídlem v Kravařích. Jedná se o sériovou výrobu v počtu 20 tisíc kusů ročně. S tímto počtem dílů jsem počítal u ekonomického zhodnocení zakázky.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá návrhem přípravku a nástrojů pro výrobu. V praktické části dojde k vyrobení a odzkoušení přípravku a nástrojů. Závěr bakalářské práce je zaměřen na ekonomické zhodnocení celé zakázky.



Obrázek 1.1 – Výkres zakusovací čelisti

1 Charakteristika firmy Josef Moch

Firma Josef Moch se zabývá zakázkovou výrobou - konkrétně obráběním kovových a nekovových materiálů na CNC strojích, mezi jejich hlavní činnost patří soustružení, frézovací a vrtací činnost. Společnost Josefa Mocha je rodinnou společností s dlouhodobou historií od roku 2003, kdy začal v oboru působit.

Stabilně vyrábíme pro firmu OSTROJ a.s., významného výrobce sortimentu důlních zařízení pro všechny podmínky dobývání v hlubinných dolech a dalších strojírenských produktů s více než 60-ti letou tradicí výroby. Společnost OSTROJ a.s. klade kvalitu na první místo, vlastní certifikáty ISO 9001, ISO 14001, ISO 3834-2, DIN 18800-7, EN 1090, VDA 6.1, OHSAS 18001.

Dalšími významnými odběrateli je firma Florýk ozubená kola s.r.o. a Ganeko, spol. s.r.o. S těmito firmami firma Josef Moch spolupracuje do dnešních dnů. Je jedna z výhradních dodavatelů pro firmu OSTROJ a.s. divize strojírna. Pro firmu Florýk ozubená kola s.r.o. vyrábí polotovary ozubených kol, pro Ganeko, spol. s.r.o. jsou opracovávány jejich výpalky.



Obrázek 1.2 – Ukázka výroby firmy Josef Moch

Díky kvalitním výrobkům a flexibilním dodávkám, které firma vyráběla pro OSTROJ a.s., narůstaly postupem času i další nové zakázky, které měly zásadní vliv na pořízení nového strojního vybavení.

- Stručný přehled vývoje společnosti

rok 2003 – začátek podnikání pod obchodním jménem KOVOBRÁBĚČSTVÍ JOSEF MOCH

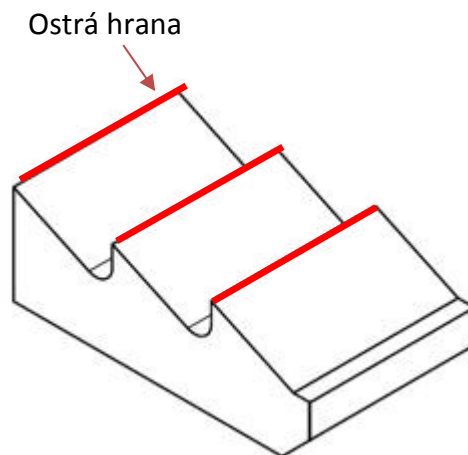
- rok 2003 – nákup soustruhu, frézky
- rok 2004 – nákup vrtačky, frézky svislé FA4V
- rok 2005 – nákup soustruhu SU50A/1000mm, nákup CNC soustruh SPT 16 NC, nákup pásové pily
- rok 2006 – nákup CNC soustruhu SPT 16 NC
- rok 2008 – výstavba výrobní haly
 - nákup hrotového soustruhu SUS802750
 - nákup hrotového soustruhu SU63/2000
 - koncem roku slavnostní otevření výrobní haly
- rok 2009 – nákup užitkového vozidla FORD pro dopravu dílů, nákup navrtávačky, zarovnávačky hřídelů FZWD 160
- rok 2010 – útlum výroby díky celosvětové krizi
- rok 2011 – opětovné navyšování zakázek, nákup obráběcího centra CINCINATI Milacron SABRE 500
- rok 2014 – nákup jeřábu pro usnadnění manipulace s těžkými a velkými kusy
- rok 2015 – nákup CNC obráběcího centra a CNC soustruhu v projektu MOCH'sCNCs I.
- rok 2017 – nákup CNC soustruhu a CNC soustruhu s podavačem tyčí a poháněnými nástroji v projektu MOCH'sCNCs II



Obrázek 1.3 – 2 ukázka výroby firmy Josef Moch

2 Technologický postup výroby zakusovacích čelistí.

Zakusovací čelisti slouží k přilepení do litinových objímek a následně k zařezání na sloupy – zadání zákazníka. Zakusovací čelist je možno vyrábět ve volných tolerancích ČSN ISO 2768 – m. Hlavní důraz při výrobě je kladen na ostrou hranu čelisti.



Obrázek 2.1 – Náčrt zakusovací čelisti

2.1 Materiál zakusovacích čelistí

Materiál na výrobu zakusovacích čelistí musí být kalitelný, proto jsem zvolil materiál C45 (dle ČSN 12 050). Kvůli snížení ceny obrábění jsem navrhl použít klínovou ocel 8x12 mm v přesnosti h11. Dodavatelem vstupního materiálu je u nás firma Feron a.s., která dodá 3 metrové tyče až k nám do sídla firmy.

Tabulka 2.1 – Vlastnosti oceli C45

Přehled vlastností oceli C45E (C45 R)										1.1191 (1.1201)								
Druh oceli	Nelegovaná ušlechtilá ocel k zušlechťování																	
TDP	ČSN EN 10083-2: 2007. Tato norma obsahuje též ocel C45, klasifikovanou jako jakostní ocel k zušlechťování. Ocelí C45 nelze nahradit ušlechtilé ocelí C45E popř. C45R. C45 však lze nahradit ocelími C45E resp. C45R.																	
Řídicí označení	C45E (C45R) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; Ck 45 (Cm 45) podle DIN 17200; 12 050 podle ČSN.																	
Použití	Často používaná nelegovaná ocel pro výrobu méně namáhaných strojních dílů ve stavu zušlechťeném nebo normalizačně žíhaném. Optimálních mechanických hodnot včetně houževnatosti se dosahuje v zakaleném a následně popuštěném stavu. U tvarově složitějších dílů se pro zamezení vzniku trhlin dává přednost kalení do oleje. Ocel je vhodná i k povrchovému kalení plamenem nebo indukci.																	
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. ¹⁾	Cr max.	Mo max.	Ni max.	Cr+Mo+Ni									
	0,42-0,50	0,40	0,50-0,80	0,030	0,035	0,40	0,10	0,40	max. 0,63									
Složení hotového výrobku ²⁾	0,40-0,52	0,43	0,46-0,84	0,035	0,040	0,45	0,13	0,45										
Mechanické vlastnosti v zušlechťeném stavu. ³⁾	Průměr mm	R _e min. MPa		R _m MPa		A min. %		Z min. %		KV min. J								
	d ≤ 16	490		700-850		14		35		-								
	16 < d ≤ 40	430		650-800		16		40		25								
	40 < d ≤ 100	370		630-780		17		45		25								
Mechanické vlastnosti ve stavu normalizačně žíhaném ³⁾	d ≤ 16	340		min. 620		14		-		-								
	16 < d ≤ 100	305		580		16		-		-								
	100 < d ≤ 250	275		560		16		-		-								
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost (+S)			Žíháno na měkko (+A)			Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)											
	HB max. 255			HB max. 207			HRC min. 55											
Prokalitelnost ⁴⁾	Vzdálenost od plochy kalení čela zkušební tělesa v mm																	
	Tvrdost v HRC																	
	+H	Mez	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	15	20	25	30
	max	62	61	61	60	57	51	44	37	34	33	32	31	30	-	-	-	-
	min	55	51	37	30	28	27	26	25	24	23	22	21	20	-	-	-	-
<div><div><p>Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 10 mm)</p><p>Teplota popuštění st. C</p></div><div><p>Křivky prokalitelnosti</p><p>Vzdálenost od plochy kalení čela v mm</p></div></div>																		
Technologické vlastnosti																		
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1150 až 850 °C																	
Teplné zpracování	Normalizační žíhání °C	Žíhání na měkko °C	Isotermické žíhání °C	Teplota kalení °C	Kalící prostředí	Teplota popouštění °C	Zkouška kalením čela °C											
	840 až 880	650 až 700	800 až 950 660 -1 hod.	820 až 860	voda nebo olej	550 až 660	850 ± 5											
Obrobitelnost	Uvedené podmínky jsou doporučeny s výjimkou zkoušky kalením čela (zkouška prokalitelnosti). Teplota kalení při spodní hranici se doporučuje pro kalení do vody a při horní hranici při kalení do oleje. Jako kalící prostředí lze použít i syntetické kapaliny-emulze.																	
Stříhatelnost	Obrobitelnost třískovým obráběním může být ve stavu po válcování ztížena vlivem zvýšené pevnosti. Pro obrábění je výhodnější stav žíhaný na měkko. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel C45R se zvýšeným obsahem S.																	
	Přichází v úvahu např. při dělení tyčí na vsázkové délky pro zápusťkové kování. Ocel C45 je stříhatelná za studena i ve stavu po válcování u průměru nad 80 mm.																	

¹⁾ obsah síry u oceli C45R je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %.

²⁾ u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně.

³⁾ uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechťení popř. normalizačním žíhání) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkce žíhaném. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP.

R_e – mez kluzu, R_m – pevnost v tahu, A – tažnost (počáteční délka L₀ = 5,65√S₀), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty).

⁴⁾ pro ocel objednanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní.

2.2 Výrobní prostředky

K výrobě byly použity standardní obráběcí stroje sloužící zejména ke kusové a malosériové výrobě. Vhodnými přípravky bylo dosaženo zefektivnění těchto strojů v sériové výrobě.

2.2.1 Dělení materiálu

Materiál bude nadělen na pásové pile značky Bomar označení Ergonomic 320.250 G.

Tabulka 2.2 – Specifikace pásové pily Bomar Ergonomic 320.250 G

Specifikace pásové pily Bomar Ergonomic 320.250 G		
Max. rozměr řezání kruhové tyče	mm	250
Max. rozměr řezání čtyřhranné tyče	mm	240
Rychlost pásu (pomalejší/rychlejší)	m/mm	80/40
Výkon motoru	kW	1.5
Hmotnost	kg	385



Obrázek 2.2 – Pásová pila Bomar Ergonomic 320.250G [1]

Dělení bude probíhat na konečný rozměr zakusovacích čelistí, a to na 18 mm +/-0,2mm. Pro zvýšení produktivity bude řezáno 5ks tyčí najednou.

2.2.2 Frézování

Výroba bude probíhat na 3 osém CNC obráběcím centru značky Doosan, a to konkrétně na stroji DNM 500 II. Jedná se kompaktní, vysoce produktivní obráběcí centrum.

Tabulka 2.3 – Specifikace CNC obráběcího centra Doosan DNM 500 II

Specifikace CNC obráběcího centra Doosan DNM 500 II		
Kužel vřetena		ISO 40
Otáčky vřetena	min ⁻¹	12 000
Výkon hlavního motoru	kW	15
Pojezd v ose X	mm	1020
Pojezd v ose Y	mm	540
Pojezd v ose Z	mm	510
Rozměr stolu	mm	1200 x 540
Počet nástrojů	ks	30



Obrázek 2.3 – Obráběcí centrum Doosan DNM 500 II [2]

2.2.3 Odjehlení

Po frézování na obráběcím centru bylo nutno již po pár kusech odstraňovat vznikající otřepy. Proto byla do výrobního cyklu přidána operace broušení otřepu na pásové brusce. Pro tento účel byla použita kombinovaná pásová bruska Proma BP-100. Na této brusce je

obsluha schopna obrousit 6 ks zakusovacích čelistí během běhu programu v obráběcím centru.



Obrázek 2.4 Pásová bruska Proma BP-100 [3]

2.3 Nástroje a jejich řezné podmínky

K hrubování slouží fréza Guehring Ratio RF 100 speed průměru 10 mm.



Obrázek 2.5 Válcová fréza Guehring Ratio RF 100 speed [4]

Řezné podmínky jsou zvoleny z katalogu výrobce. [5]

$$V_c = 80 \text{ [m/min]} \quad f_z = 0,02 \text{ [mm]} \quad z=4$$

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 80}{\pi \cdot 10} = 2550 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z \cdot z = 2550 \cdot 0,02 \cdot 4 = 200 \text{ [mm/min]}$$

Tyto podmínky se v praxi osvědčily.

K dokončení zubů slouží speciální nástroj navržený pro tento díl. Tvarová fréza průměr 14 mm.



Obrázek 2.6 Speciální fréza firmy Pilana Karbid s.r.o. D14/10 L65 Z6 R1 65°

Řezné podmínky byly zvoleny dle doporučení technika výrobce frézy.

$$V_c = 120 \text{ [m/min]} \quad f_z = 0,02 \text{ [mm]} \quad z=6$$

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 120}{\pi \cdot 14} = 2730 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z \cdot z = 2730 \cdot 0,02 \cdot 6 = 330 \text{ [mm/min]}$$

K vytvoření sražení na spodní straně zakusovacích čelistí slouží HSS fréza s průměrem 25 mm.



Obrázek 2.6 Speciální fréza firmy Pilana Karbid

Řezné podmínky pro HSS nástroje byly zvoleny dle Strojnických tabulek. [6]

$$V_c = 20 \text{ [m/min]} \quad f_z = 0,05 \text{ [mm]} \quad z=10$$

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 20}{\pi \cdot 25} = 250 \text{ [ot/min]}$$

$$f_{min} = n \cdot f_z \cdot z = 250 \cdot 0,05 \cdot 10 = 125 \text{ [mm/min]}$$

2.4 Technologický postup výroby

Tabulka 2.4 – Technologický postup

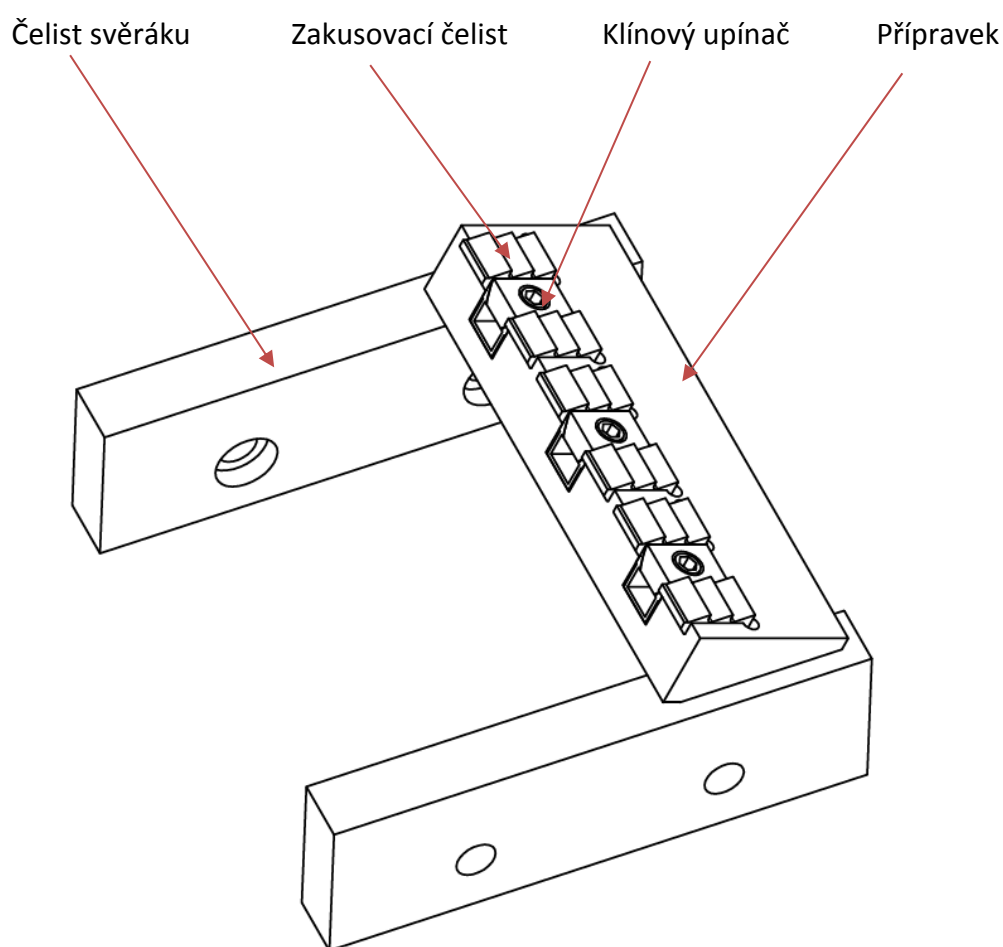
Technologický postup		Název součásti: PŘÍRUBOVÉ TĚLESO	Listů: 1
Materiál: 12 050		Polotovary – součásti: 12x8-18	Název dílu – Zakusovací čelist
Čistá hmotnost: 0,008kg		Počet kusů: 20 000	
Operace	Popis práce	Stroj	
1.	Nařezat materiál na délku 18mm +/- 0,2mm. Řezat najednou 5ks	Pásová pila Bomar Ergonomic 320.250 G Posuvné měřidlo	
2.	Upnout polotovary do přípravku a vložit do vyfrézovaných čelistí ve svěráku	Obráběcí centrum DNM 500II Přípravek Posuvné měřítko	
3.	Odstranění otřepů na pásové brusce	Pásová bruska Proma	
4.	Kontrola odjehlení, vizuální kontrola dílu	Posuvné měřítko	

3 Konstrukční návrh přípravku pro upnutí čelistí pro operaci frézování.

3.1 Přípravky

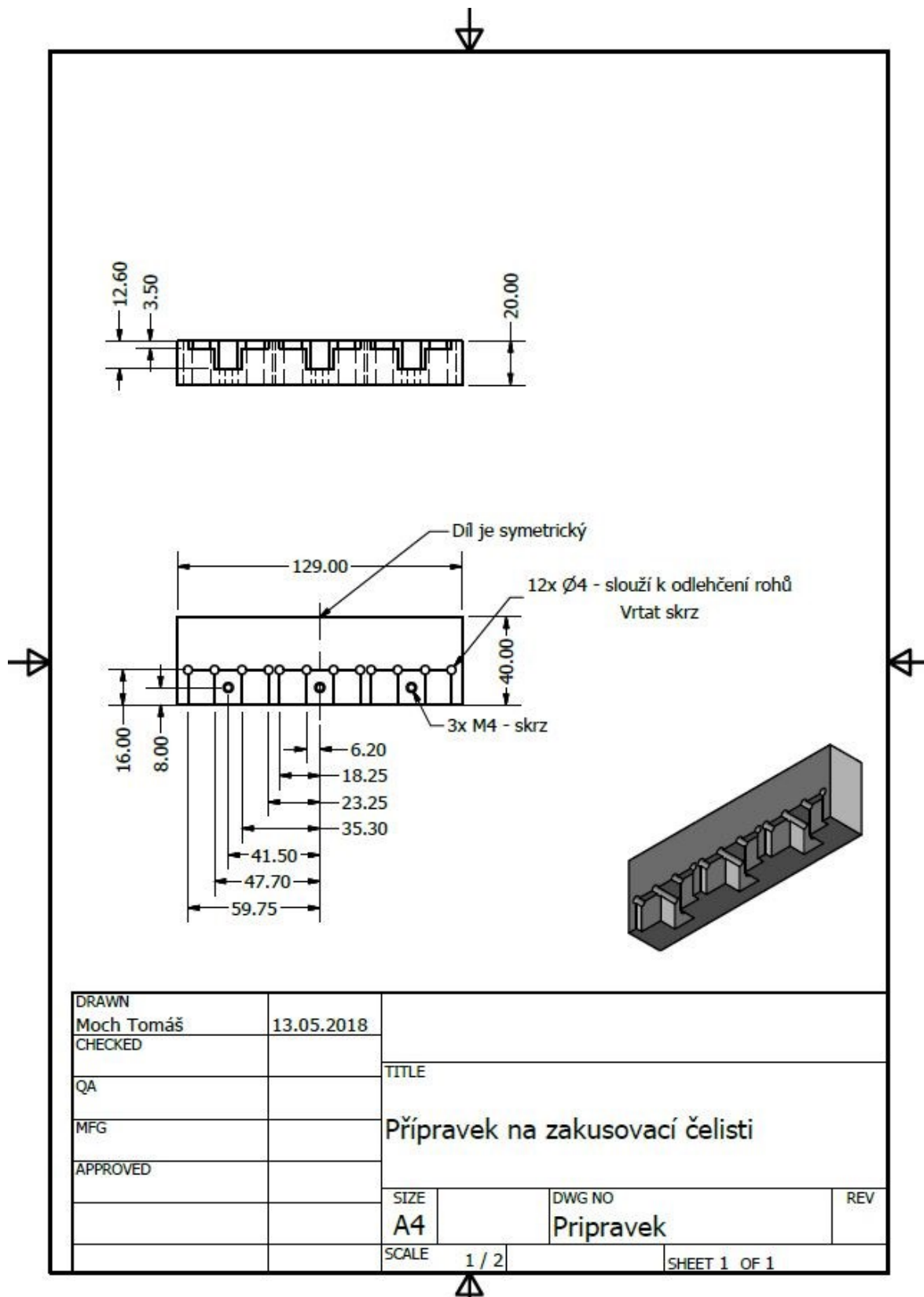
Přípravky nám umožňují snížit výrobní časy, čímž se dostaneme z univerzálních strojů na produktivitu strojů jednoúčelových – stroje navrhnuté přímo na jeden výrobek. Přípravky pomáhají zvýšit jakost výrobků a pracovní výkony. V některých případech se přípravek použít musí, aby bylo možné danou operaci vůbec provést [7].

Návrh upínacího přípravku pro zakusovací čelisti. Při návrhu přípravku bylo důležité myslet na upínání více kusů najednou, výrobu vzorků vlastními silami – tzn. 3 osé frézování a samozřejmě konečné obrábění na 3 osém CNC obráběcím centru. Kvůli výrobním možnostem jsem zvolil koncepci – přípravek ve vyfrézovaných čelistech pod úhlem.



Obrázek 3.1 – Schéma upínání

Přípravek byl navržen pro frézování 6 kusů zakusovacích čelistí najednou.



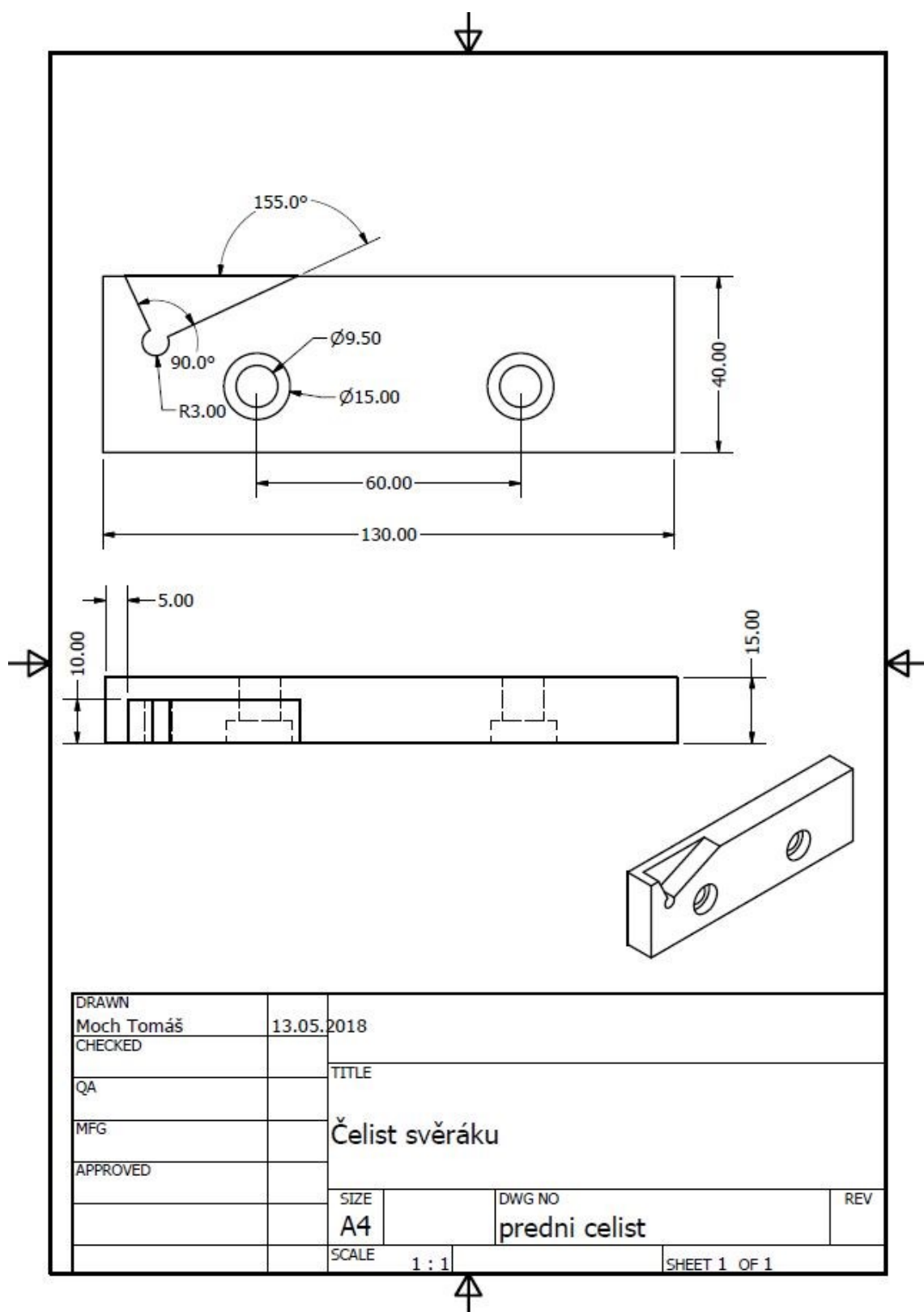
Obrázek 3.2 – Výkres přípravku

K upínání slouží dvojité klínové upínače značky Kipp. Jejich výhodou je upínání dílů malých rozměrů a dvou kusů najednou. Českým zastoupením firmy Kipp je firma Marek Industrial a.s. Z důvodu velkého sortimentu jejich prodeje většinu dílů nedrží skladem, proto jsem již při první objednávce objednal více upínačů, které budou sloužit jako náhradní díly, když dojde k opotřebení stávajících.



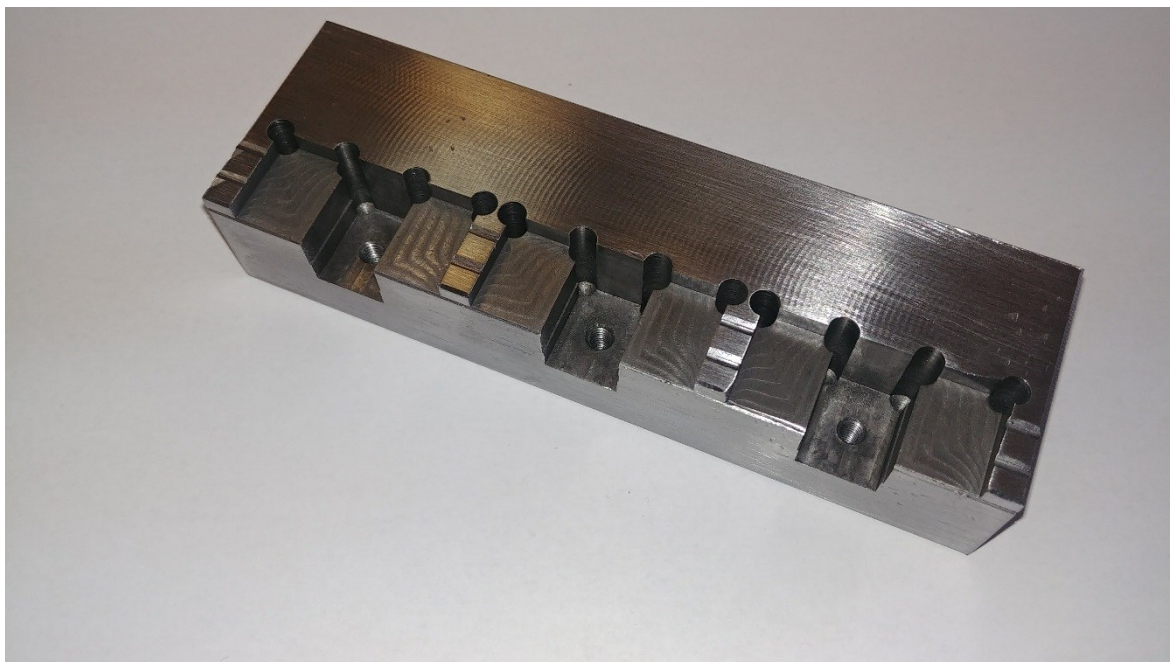
Obrázek 3.3 – Klínový upínač Kipp [8]

Přípravek je nutno vkládat do čelistí svěráku, které mají vyfrézovanou plochu pro upínání pod úhlem 25°. Toto řešení ulehčilo výrobu přípravku, ale zároveň omezilo jeho používání na konkrétní stroj, lépe řečeno na upínání do konkrétního svěráku, který umožňuje výměnu čelistí. Ve firmě existuje pouze jeden takový přesný svěrák, který je určen k upínání v obráběcích centrech.

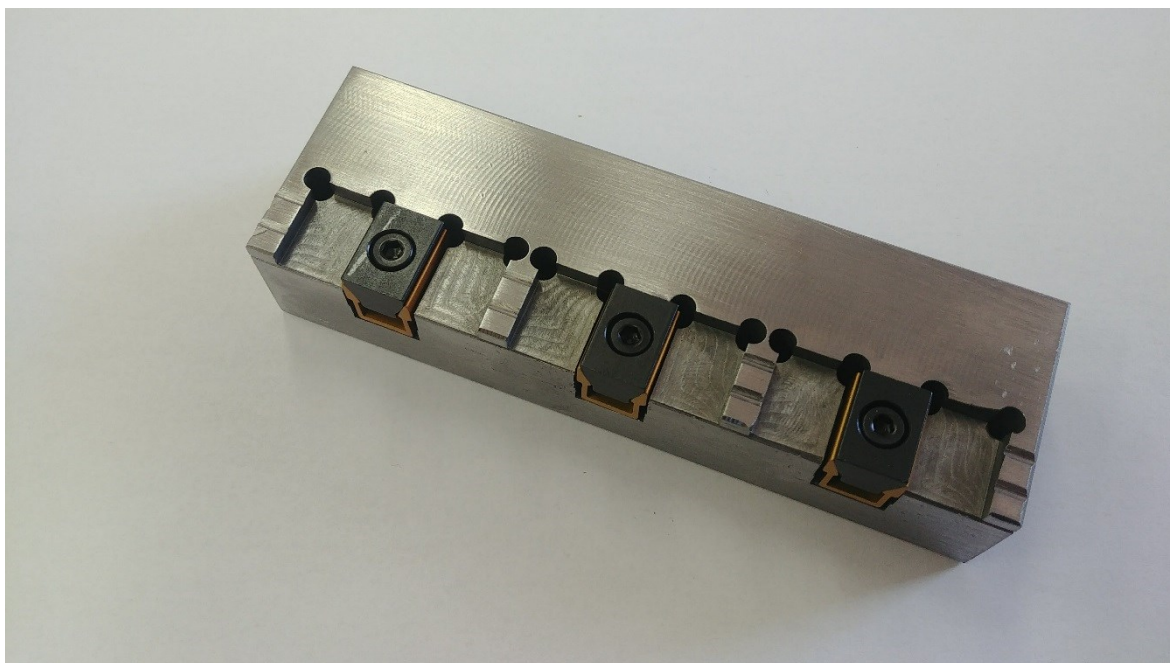


Obrázek 3.4 – Výkres čelisti svěráku

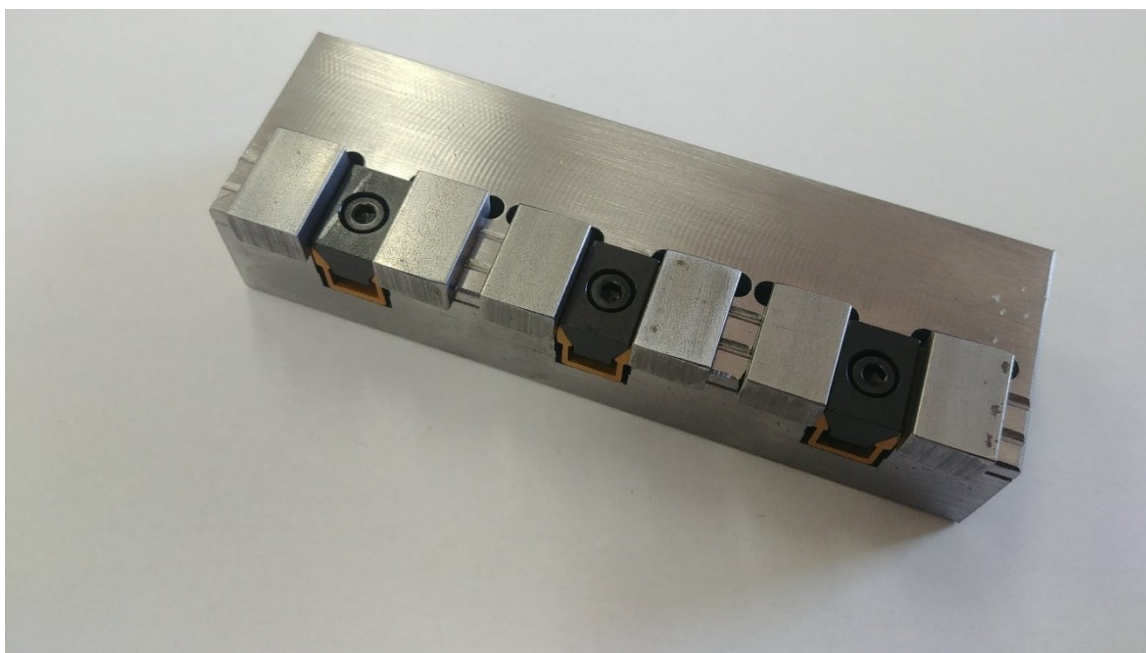
3.2 Vyrobený přípravek



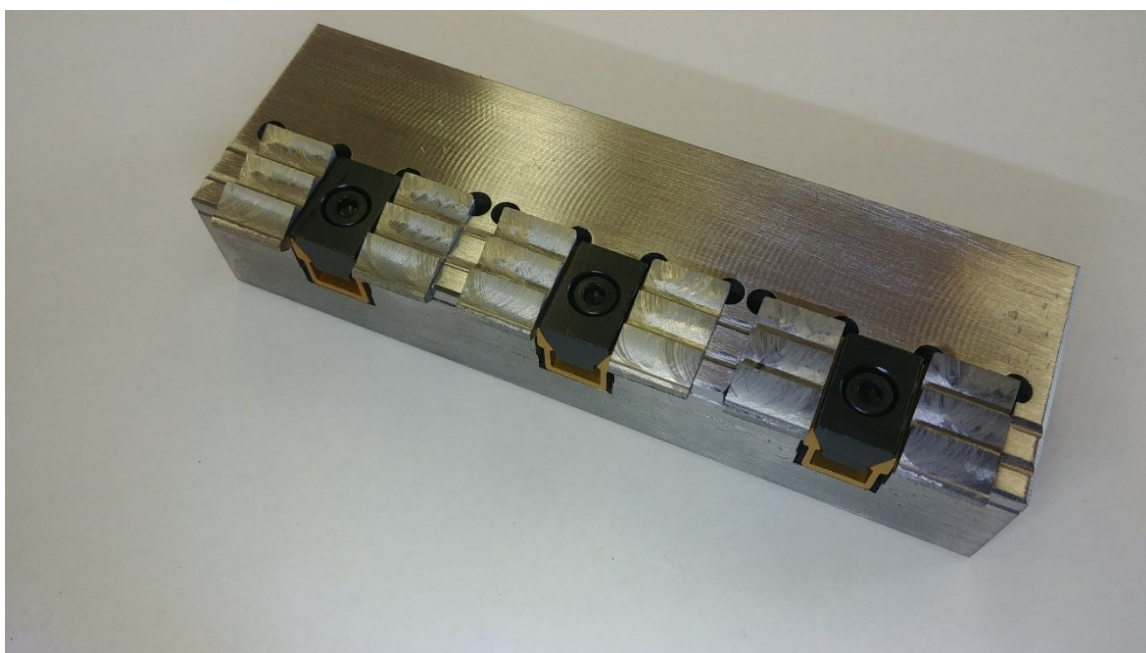
Obrázek 3.5 – Vyrobený přípravek



Obrázek 3.6 – Vyrobený přípravek s klínovými upínači



Obrázek 3.7 – Vyrobený přípravek osazený polotovary



Obrázek 3.8 – Vyrobený přípravek s vyrobenými díly

3.3 Materiál přípravku

Materiál pro výrobu přípravku byl zvolen 42CrMo4 (dle ČSN 15 142). Tento materiál má velkou pevnost v zušlechtném stavu a to až 1100MP. Přípravek bude hodně namáhán na otláčení, takže vysoká pevnost materiálu nám prodlouží jeho životnost.

Tabulka 3.1 – Vlastnosti oceli 42CrMo4

Přehled vlastností oceli 42CrMo4 (42CrMoS4)										1.7225 (1.7227)							
Druh oceli	Nizkolegovaná ušlechtlá chrom - molybdenová ocel k zušlechťování																
TDP	ČSN EN 10083-3: 2007																
Dřívější označení	42CrMo4 (42CrMoS4) podle ČSN EN 10083-1: 1991+A1: 1996; 42CrMo4 (42CrMoS4) podle DIN 17200, 15 142 podle ČSN																
Použití	Ocel s vyšší prokalitelností pro výše namáhané strojní díly. Po zakalení dosahuje tvrdosti přibližně 58 HRC. Do průměru 100 mm lze po zušlechtní docílit pevností nad 1000 MPa při ještě dostatečné houževnatosti. Není náchylná k popouštění křehkosti. Kalí se do méně razantního kalicího prostředí, poněvadž je náchylná ke vzniku kalických trhlin v místech s vrubovým účinkem nebo povrchových vad. V kaleném stavu dobře odolává opotřebení. Patří k nejčastěji používané oceli k zušlechťování.																
Chemické složení v hmot. % (rozbor tavby)	C	Si max.	Mn	P max.	S max. ¹⁾	Cr	Mo	Ni	V								
Složení hotového výrobku ²⁾	0,38 – 0,45	max. 0,40	0,60 – 0,90	max. 0,025	max. 0,035	0,90 – 1,20	0,15 – 0,30	-	-								
	0,36 – 0,47	max. 0,43	0,56 – 0,94	max. 0,030	max. 0,040	0,85 – 1,25	0,12 – 0,33	-	-								
Mechanické vlastnosti v zušlechtném stavu. ³⁾	Průměr mm		R _e min. MPa		R _m MPa		A min. %		Z min. %		KV min. J						
	d ≤ 16		900		1100 - 1300		10		40		-						
	16 < d ≤ 40		750		1000 - 1200		11		45		35						
	40 < d ≤ 100		650		900 - 1100		12		50		35						
	100 < d ≤ 160		550		800 - 950		13		50		35						
160 < d ≤ 250		500		750 - 900		14		55		35							
Maximální hodnoty tvrdosti pro stav :	Zpracováno na stříhatelnost				Žháná na měkko				Povrchově kaleno (tvrdost povrchu)								
	HB max. 255				HB max. 241				HRC min. 53								
Prokalitelnost ⁴⁾	Vzdálenost od plochy kaleného čela zkušební tělesa v mm																
	Tvrdost v HRC																
	⁵⁾	Mez	1,5	3	5	7	9	11	13	15	20	25	30	35	40	45	50
	+H	max.	61	61	61	60	60	59	59	58	56	53	51	48	47	46	45
		min.	53	53	52	51	49	43	40	37	34	32	31	30	30	29	29
	+HH	max.	61	61	61	60	60	59	59	58	56	53	51	48	47	46	45
		min.	56	56	55	54	52	48	46	44	41	39	38	36	36	35	34
	+HL	max.	58	58	58	57	56	54	53	51	49	46	44	42	41	40	40
min.		53	53	52	51	49	43	40	37	34	32	31	30	30	29	29	

Popouštěcí křivka (referenční vzorek
průměr 30 mm)

— R_m
— R_{p0.2}

Teplota popouštění

Křivky prokalitelnosti

— H max HH max
— H min HL min
— HH min
— HL max

Vzdálenost od kaleného čela

Technologické vlastnosti							
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1100 až 850 °C						
Teplné zpracování	Normalizační žhání °C	Žhání na měkko °C	Isotermické žhání °C	Teplota kalení °C	Kalicí prostředí	Teplota popouštění °C	Zkouška kalením čela °C
	850 až 880	680 až 720	800 až 900 670 - 3 hod.	820 až 860	olej nebo voda	540 až 680	850 ± 5
	Uvedené podmínky jsou doporučené s výjimkou zkoušky kalením čela (zkouška prokal.) Jako kalicí prostředí se s ohledem na náchylnost ke kalickým trhlinám doporučují syntetické polymery a olej. K docílení rovnoměrných hodnot po zušlechtní u větších průměrů (zejména kovaných) přispívá normalizační žhání před zušlechtním. Body přeměny : A _{c1} = 745°C, A _{c3} = 790°C, M _s = 300°C						
Obrobitelnost	Obrábí se ve stavu žháněm na měkko. Při nižších pevnostech lze obrábět i ve stavu zušlechtném. Zlepšenou obrobitelnost vykazuje ocel 42CrMoS4 se zvýšeným obsahem S. Díly, které se zušlechťují na vyšší pevnost se nejprve předhrubují ve stavu žháněm a dokončí po zušlechtní.						
Stříhatelnost	Pro docílení tvrdosti vhodné pro stříhání se ocel žháná nebo řízeně vychlazuje.						

¹⁾ obsah síry u oceli 42CrMoS4 je 0,020 až 0,040 % s dovolenou odchylkou v hotovém výrobku ± 0,005 %.

²⁾ u jedné tavby smí být překročena horní nebo spodní hranice rozmezí, ale nikoliv obě současně.

³⁾ uvedené hodnoty musí být dosažitelné po odpovídajícím tepelném zpracování (zušlechtní) též u oceli dodávané ve stavu po válcování nebo ve stavu měkko žháněm. Prokazují se na referenčním vzorku odpovídajícího průměru. Zkušební tělesa pro stanovení mechanických hodnot musí být odebrána v souladu s předpisem normy TDP.

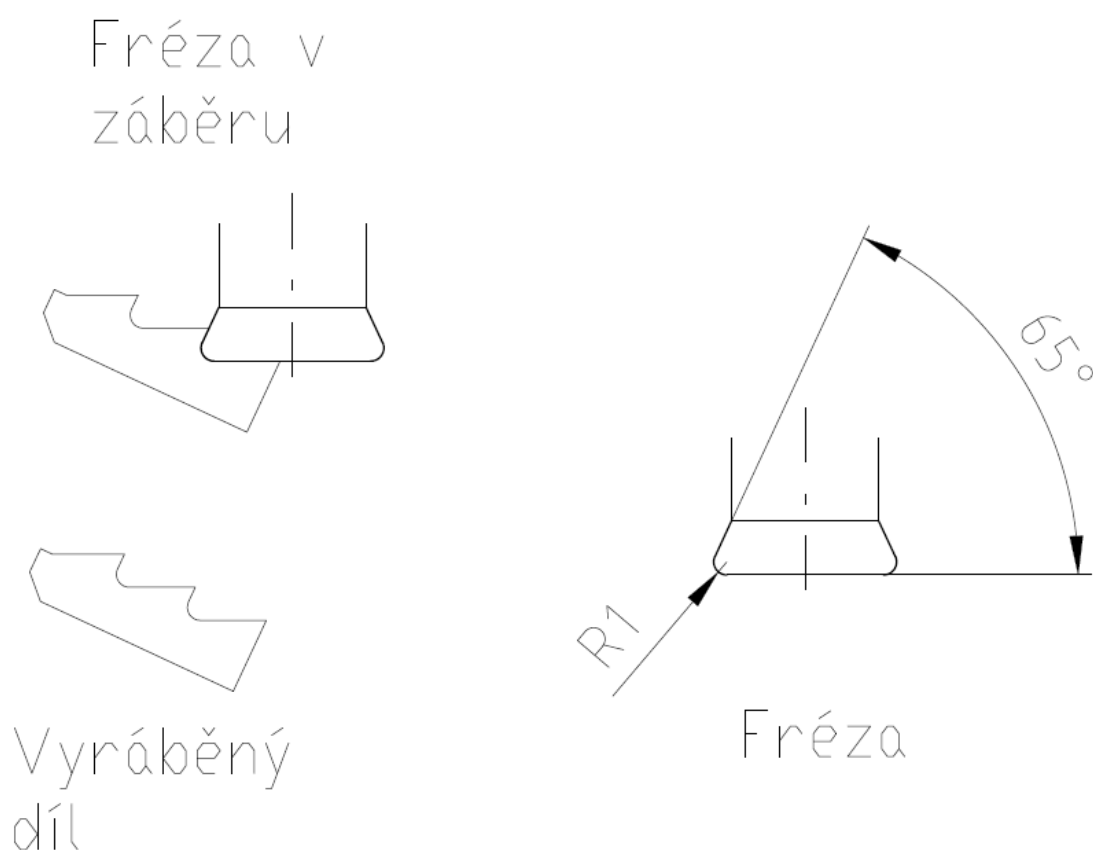
R_e – mez kluzu, R_m – pevnost v tahu, A – tažnost (počáteční délka L₀ = 5,65√S₀), Z – kontrakce, KV – nárazová práce, zkušební těleso ISO s V-vrubem (průměr ze tří naměřených hodnot, z nichž žádná nesmí být menší než 70% minimální střední hodnoty).

⁴⁾ pro ocel objednanou bez požadavků na prokalitelnost jsou hodnoty prokalitelnosti pouze informativní.

⁵⁾ +H – normální hodnoty pro celý pás prokalitelnosti, +HH – zúžený pás prokalitelnosti směrem k horní hranici, +HL – zúžený pás prokalitelnosti směrem ke spodní hranici.

4 Konstrukční návrh obráběcího nástroje pro frézování čelistí.

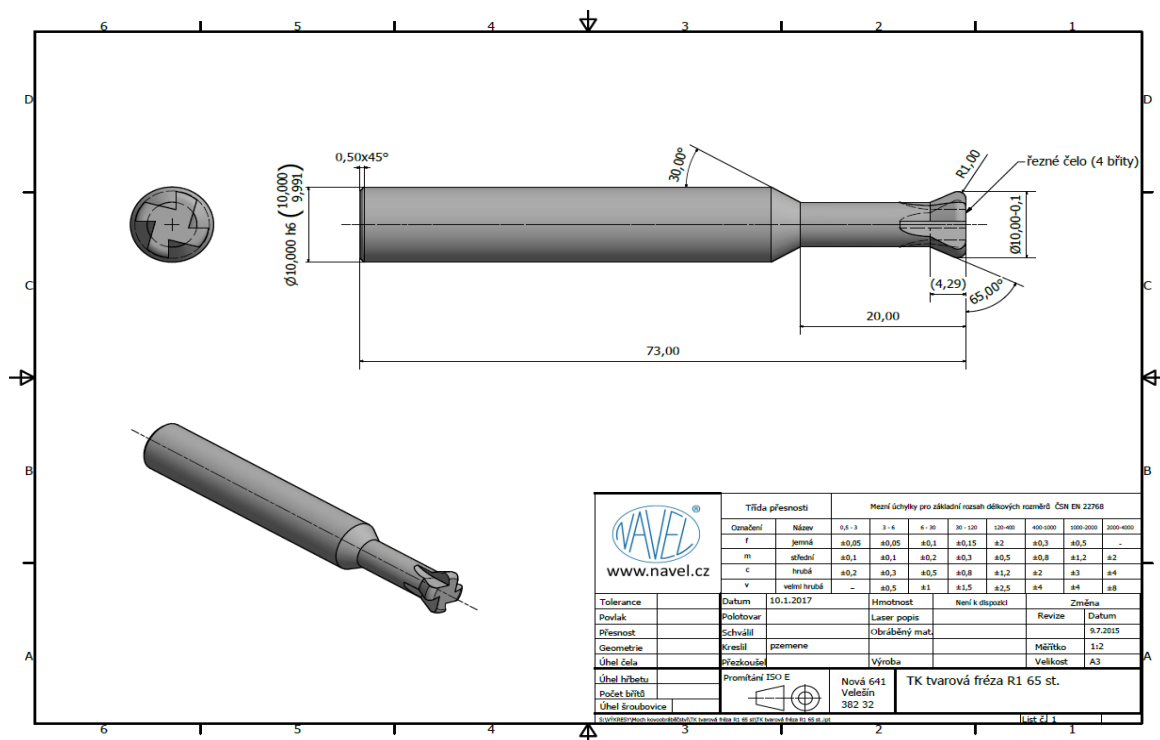
Zakusovací čelisti je nutné vyrábět tvarovým nástrojem. Tvar nástroje přesně opisuje tvar zakusovací čelisti. Pro vypracování takového nástroje bylo nutné nejdříve vymodelovat v CAD programu AutoCad 2014 vyráběný díl – zakusovací čelist. Potom od tvaru zakusovací čelisti odvodit tvar potřebný na nástroji.



Obrázek 4.1 – Náčrt tvarové frézy

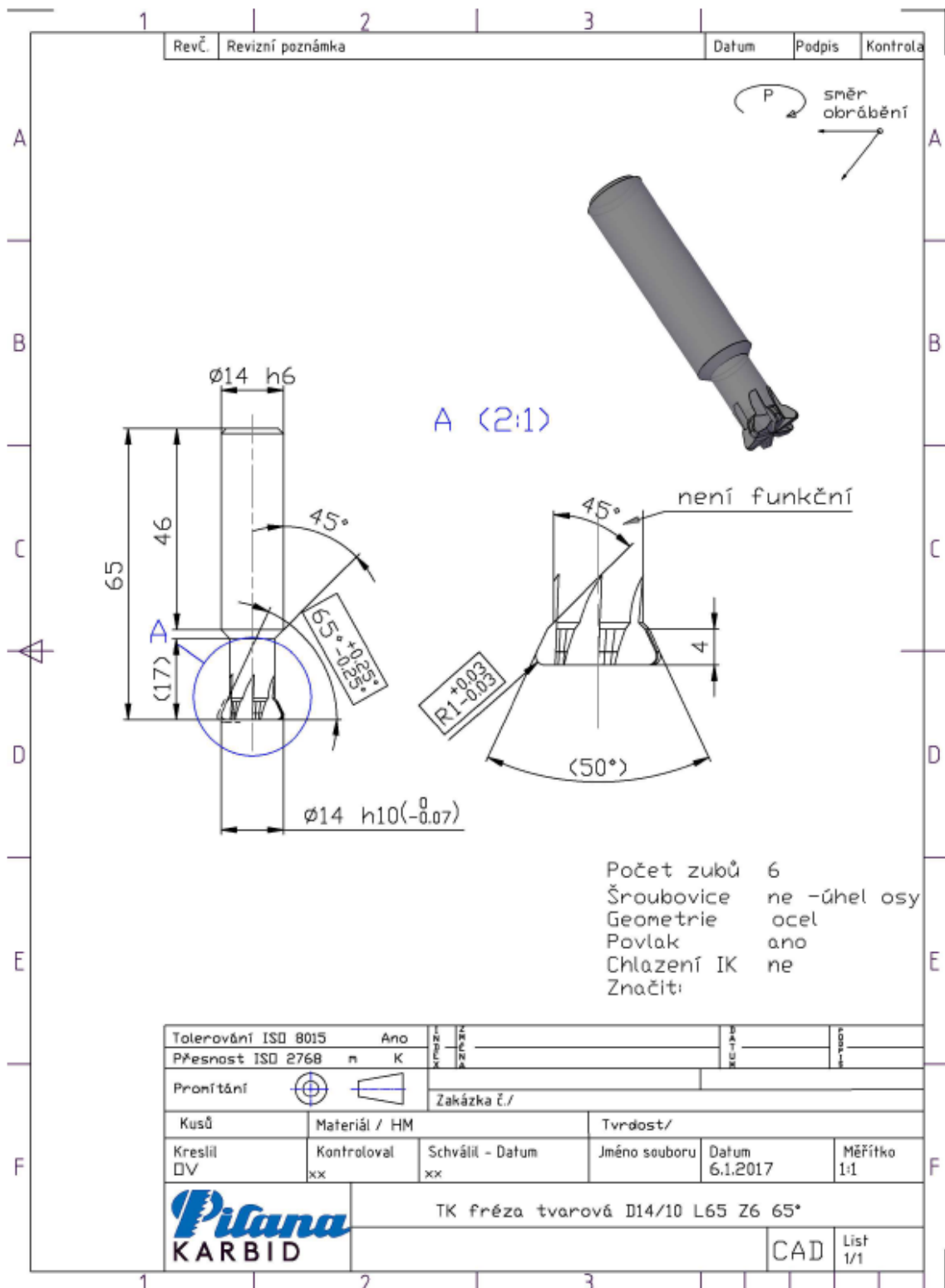
Tento výkres byl zaslán dvěma českým firmám zabývající se výrobou tvrdokovových nástrojů na zakázku, firmě Navel s.r.o. a firmě Pilana Karbid s.r.o. Z firmy Pilana karbid s.r.o. se mi další den ozvali a navrhli úpravu frézy. Navrhli vyrobít frézu většího průměru, než jsem prvně navrhl, a to z průměru 10 na průměr 14 mm. Z důvodu většího průměru frézy bude možnost vyrobít větší počet zubů, a to konkrétně 6 zubů, což povede k plynulejšímu chodu frézy a delší životnosti tohoto nástroje.

Firma Navel s.r.o. nabídla 4 - břitou frézu průměru 10 mm za 1 300 Kč/ks s dodáním do tří týdnů.



Obrázek 4.2 – Návrh frézy firmou Navel s.r.o.

Z firmy Pilana Karbid s.r.o. mi navrhli frézu většího průměru, a to průměru 14 mm se 6 zuby za 2900 Kč/ks s dodáním do 2 týdnů. Větší průměr nám nabízí vyšší životnost frézy a také větší počet přebroušení nástroje.



Obrázek 4.3 – Návrh frézy firmy Pilana Karbid s.r.o.

4.1 Konečný výběr dodavatele nástroje

Jelikož zákazník požadoval první vzorky zakusovacích čelistí co nejdříve, proto hlavním rozhodovacím faktorem pro mě byl termín dodání. Nabídku od firmy Pilana karbid s.r.o. jsem obdržel 2. den od zaslání poptávky. Firma Navel se mi ozvala až čtvrtý den po odeslání poptávky. V té době jsem již měl nástroj objednaný u firmy Pilana karbid s.r.o. za 2900 Kč/ks.

Frézy od firmy Pilana karbid s.r.o. přišly za 10 dnů - tzn. 1,5 týdne od objednání. Frézy mají vlastní označení pro opětovnou výrobu.



Obrázek 4.4 – Fréza vyrobená na zakázku od firmy Pilana Karbid s.r.o.

5 Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení.

Závěrem každého projektu se technicko-ekonomické zhodnocení, z čehož můžeme posoudit rentabilitu zakázky.

Celková cena výrobku se skládá z několika položek.

1. Výroba přípravku
2. Cena nástrojů
3. Materiál
4. Řezání materiálu
5. Frézování dílu

5.1 Výroba přípravku

Výrobu přípravku musíme rozpočítat na celou dobu trvání zakázky, respektive na počet kusů v zakázce a to 20 000 ks.

Cena dvou přípravků (materiál + obrábění) se vyšplhala na 5 000 Kč. Do každého přípravku přijdou 3 kusy klínových upínačů od firmy MAREK Industrial a.s., která prodává jeden kus za 350 Kč/ks. Tyto klínové upínače musíme brát jako spotřební zboží, jelikož se tyto drobné upínače po čase vymačkávají, proto je důležité jich objednat více a držet na skladě kvůli rychlé výměny ve výrobě. Proto bylo objednáno rovnou 20 ks těchto klínových upínačů.

Cena klínových upínačů

$$Cena_{upínačů} = Cena_{upínače} \cdot Ks_{upínačů} = 350 \cdot 20 = 7000 \text{ [Kč]} \quad (1)$$

$$Cena_{přípravku} = Cena_{upínačů} + Cena_{př} = 5000 + 7000 = 12\,000 \text{ [Kč]} \quad (2)$$

$$Cena_{prip_ks} = \frac{Cena_{přípravku}}{Ks_{Cel}} = \frac{12000}{20000} = 0,6 \text{ [Kč]} \quad (3)$$

Rozpočet ceny přípravků a upínačů na všechny kusy ze zakázky je 0,6 Kč/ks

5.2 Cena nástrojů

Jako první použitá fréza je hrubovací fréza od firmy Guehring s.r.o. Jedná se o frézu Ratio RF 100 průměr 10 mm. Cena této frézy je 560 Kč/ks. Životnost této frézy byla odhadnuta v závislosti na typu prováděné operace na 500 kusů.

$$Ks_{hrub_fr} = \frac{Ks_{Cel}}{Ks_{fr_odhad}} = \frac{20000}{500} = 40 \text{ [Ks]} \quad (4)$$

Na dokončení zakázky je potřeba nakoupit 40 ks fréz

$$Cena_{frez} = Cena_{frezy} \cdot Ks_{hrub_{fr}} = 560 \cdot 40 = 22\,400 \text{ [Kč]} \quad (6)$$

Celková cena hrubovacích fréz je 22 400 Kč.

Přepočet na jeden díl

$$Cena_{frez_{ks}} = \frac{Cena_{frez}}{Ks_{Cel}} = \frac{22400}{20000} = 1,12 \text{ [Kč]} \quad (7)$$

Další velkou položku tvoří frézy vyrobené na zakázku firmou Pilana Karbid s.r.o. Cena jednoho kusu frézy na zakázku je 2900 Kč/ks. Životnost frézy byla odhadnuta v závislosti na typu prováděné operace - dokončování na 5000 kusů, takže pro dokončení zakázky potřebujeme 4 ks fréz.

$$Ks_{Dok_{fr}} = \frac{Ks_{Cel}}{Ks_{dok_{fr}_{odhad}}} = \frac{20000}{5000} = 4 \text{ [Ks]} \quad (8)$$

K dokončení zakázky je třeba 4 ks fréz

$$Cena_{dok_{frez}} = Cena_{dok_{frezy}} \cdot Ks_{Dok_{fr}} = 2900 \cdot 4 = 11\,600 \text{ [Kč]} \quad (9)$$

$$Cena_{dok_{frez_{ks}}} = \frac{Cena_{dok_{frez}}}{Ks_{Cel}} = \frac{11600}{20000} = 0,58 \text{ [Kč]} \quad (10)$$

Poslední fréza je úhlová fréza s označením 222260 70X25 350100.070250 zakoupená u firmy Poly spol. s.r.o. v Opavě. Cena frézy je 380 Kč/ks. Fréza slouží ke zpětnému sražení hran na dílech. S ohledem na využití frézy byla odhadnuta životnost frézy na 4000 dílů na jednu frézu.

Počet potřebných fréz k dokončení zakázky

$$Ks_{uhl_{fr}} = \frac{Ks_{Cel}}{Ks_{uhl_{fr}_{odhad}}} = \frac{20000}{4000} = 5 \text{ [Ks]} \quad (11)$$

K dokončení zakázky je třeba 5 ks fréz

$$Cena_{uhl_{frez}} = Cena_{uhl_{frezy}} \cdot Ks_{uhl_{fr}} = 380 \cdot 5 = 1\,900 \text{ [Kč]} \quad (12)$$

Přepočet na jeden díl

$$Cena_{uhl_frez_ks} = \frac{Cena_{uhl_frez}}{Ks_{Cel}} = \frac{1900}{20000} = 0,095 \text{ [Kč]} \quad (13)$$

5.3 Materiál

Nejlepší nabídku nabídla společnost Ferona a.s. a to 33 Kč/kg.

Cena jedné tyče materiálu C45 12x8 stojí 70 Kč. Z jedné tyče vyjde nařezat 140 kusů polotovarů.

Cena za materiál

$$Cena_{mat} = \frac{Cena_{tyce}}{Ks_{z_tyce}} = \frac{70}{140} = 0,5 \text{ [Kč]} \quad (14)$$

5.4 Řezání materiálu

Hodinová sazba pásové pily $Sazba_{pily} = 350$ Kč/hod. Jeden řez na pásové pile trvá 1 minutu, za kterou se celkově uřeže 5 kusů polotovarů.

Cena řezání:

Počet nařezaných kusů za hodinu

$$Ks_{rez_hod} = Ks_{rezu_hod} \cdot Ks_{rez_na_jednou} = 60 \cdot 5 = 300 \text{ [Ks]} \quad (15)$$

Cena jednoho nařezaného kusu

$$Cena_{rez} = \frac{Sazba_{pily}}{Ks_{rez_hod}} = \frac{350}{300} = 1,2 \text{ [Kč]} \quad (16)$$

5.5 Frézování dílu

Čas cyklu na obráběcím centru trvá 5 minut a 15 vteřin. Dalších průměrně 45 vteřin trvá obsluze vyměnit přípravky v obráběcím centru. Celkově teda vyrobíme 1 kus za minutu.

Výpočet provádím s hodinovou sazbou 700 Kč/hod na 3 osém frézovacím centru.

$$Cena_{CNC} = \frac{Sazba_{CNC}}{Ks_{CNC_hod}} = \frac{700}{60} = 11,7 \text{ [Kč]} \quad (17)$$

Celkovou cenu dostaneme součtem všech dílčích cen.

$$\begin{aligned}Cena_{Celkem_{ks}} &= Cena_{prip_{ks}} + Cena_{frez_{ks}} + Cena_{dok_{frez_{ks}}} + Cena_{mat} + Cena_{rez} + \\Cena_{CNC} &= \\&= 0,6 + 1,12 + 0,58 + 0,095 + 0,5 + 11,7 = 14,595 \text{ [Kč]}\end{aligned}$$

(18)

Cena jednoho dílu musí být stanovena minimálně na 14,595 Kč/ks. Konečná cena pro zákazníka byla zvolena s rezervou a to na 17 Kč/ks.

6 Závěr

Po úspěšném dokončení zakázky jsem se prakticky přesvědčil, že moje výpočty byly správné a zakázka tak byla rentabilní v celém rozsahu. Zakázka byla pro firmu výhodná, protože po vyrobení přípravků, nástrojů a nastavení strojů není třeba kvalifikované obsluhy. Výrobu zvládne jakýkoliv člověk po hodině zaškolení na tomto pracovišti. Práce na tomto pracovišti není nijak náročná a uspěchaná. Jelikož jsme věděli o celkovém rozsahu zakázky 20 000 ks, byli jsme schopni doplňovat touto zakázkou volné chvíle v naší kusové výrobě.



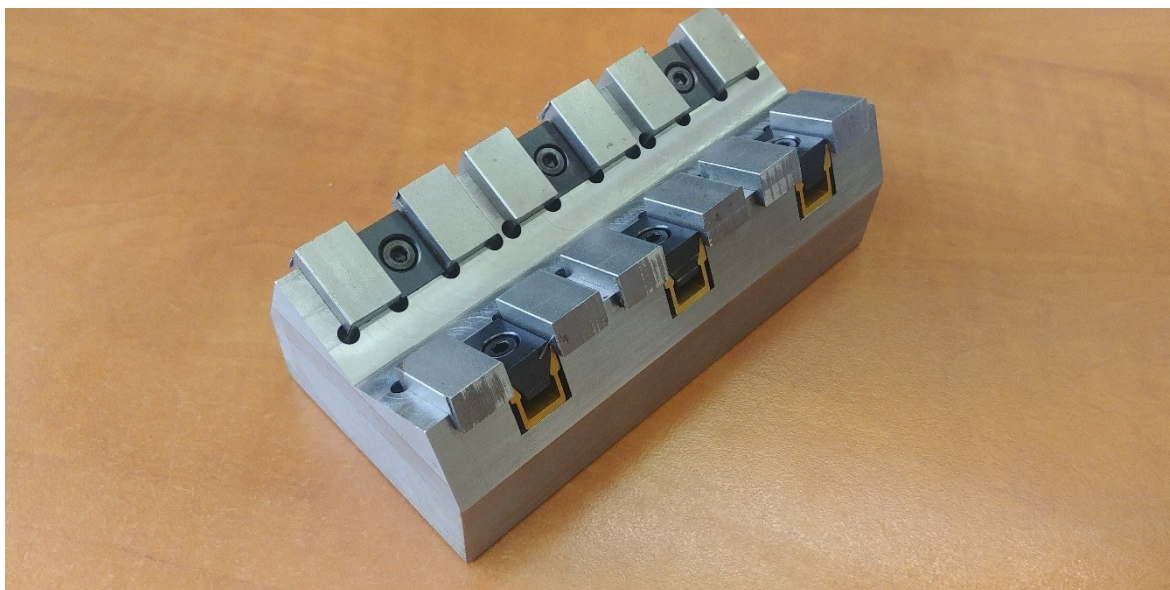
Obrázek 6.1 - Detail vyrobené zakusovací čelisti



Obrázek 6.2 - Vyrobené zakusovací čelisti

6.1 Vylepšení přípravku

Poučení z „Přípravku 1.0“ mě vedlo k výrobě nového a lepšího => Přípravek 2.0. V přípravku byl navýšen maximální počet dílů z 6 kusů na 12. Tím dojde ke snížení počtu výměn přípravku na kus o polovinu. Výměna přípravku obsluhou zabírá až 1 minutu, což je hodně času při sériové výrobě. A hlavně odstranění nutnosti upínat přípravek do upravených čelistí svěráku – vyfrézovaným úhlem. Tato výhoda nám umožní tento přípravek použít v jakémkoliv svěráku s rovnými čelistmi a zároveň nám sníží čas potřebný k nastavení stroje.



Obrázek 6.3 - Přípravek 2.0

Seznam literatury

- [1] Pásová pila Bomar Ergonomic 320.250G. In: *Fipas* [online]. [cit. 2018-05-17].
Dostupné z: <https://www.fipas.cz/bomar-ergonomic-320250-g>
- [2] Obráběcí centrum Doosan DNM 500 II. In: *Tecnotrade* [online]. [cit. 2018-05-17].
Dostupné z: <http://www.tecnotrade.cz/obrabeci-stroje/vertikalni-centra/doosan-dnm-500/>
- [3] Pásový bruska Proma. In: *Příjemný dům* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z:
<https://www.prijemny-dum.cz/bp-100-el-kombinovana-pasova-bruska-p277871/#gallery>
- [4] Guehring Ratio RF 100 speed. In: *Guehring* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z:
https://www.guehring.de/guehring-wAssets/docs/demo/EN/milling-cutters/RF100-Speed-HB-Sorten_2016_EN_LowRes.pdf
- [5] Guehring -Řezné podmínky. In: *Guehring* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z:
https://www.guehring.de/guehring-wAssets/docs/demo/EN/milling-cutters/RF100-Speed-HB-Sorten_2016_EN_LowRes.pdf
- [6] LEINVEBER, Jiří a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5., upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.s.
- [7] PÍČ, Josef a Břetislav CHVÁLA. *Přípravky: Výpočet a konstrukce přípravků s příklady ze strojírenské praxe*. Praha: PRÁCE, 1957, 188 s.
- [8] Kipp - Klínový upínač. In: *Kipp* [online]. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z:
https://www.kipp.cz/xs_db/BILD_DB/0/www/750/04522.jpg

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 – Výkres zakusovací čelisti

Obrázek 1.2 – Ukázka výroby firmy Josef Moch

Obrázek 1.3 – 2 ukázka výroby firmy Josef Moch

Obrázek 2.1 – Náčrt zakusovací čelisti

Obrázek 2.2 – Pásová pila Bomar Ergonomic 320.250G

Obrázek 2.3 – Obráběcí centrum Doosan DNM 500 II

Obrázek 2.4 - Pásová bruska Proma BP-100

Obrázek 2.5 - Válcová fréza Guehring Ratio RF 100 speed

Obrázek 2.6 - Speciální fréza firmy Pilana Karbid s.r.o. D14/10 L65 Z6 R1 65°

Obrázek 2.6 - Speciální fréza firmy Pilana Karbid

Obrázek 3.1 – Schéma upínání

Obrázek 3.2 – Výkres přípravku

Obrázek 3.3 – Klínový upínač Kipp

Obrázek 3.4 – Výkres čelisti svěráku

Obrázek 3.5 – Vyrobený přípravek

Obrázek 3.6 – Vyrobený přípravek s klínovými upínačema

Obrázek 3.7 – Vyrobený přípravek osazený polotovary

Obrázek 3.8 – Vyrobený přípravek s vyrobenými díly

Obrázek 4.1 – Náčrt tvarové frézy

Obrázek 4.2 – Návrh frézy firmou Navel s.r.o.

Obrázek 4.3 – Návrh frézy firmy Pilana Karbid s.r.o.

Obrázek 4.4 – Fréza vyrobená na zakázku od firmy Pilana Karbid s.r.o.

Obrázek 6.1 - Detail vyrobené zakusovací čelisti

Obrázek 6.2 - Vyrobené zakusovací čelisti

Obrázek 6.3 - Přípravek 2.0

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 – Vlastnosti oceli C45.....	14
Tabulka 2.2 – Specifikace pásové pily Bomar Ergonomic 320.250 G.....	15
Tabulka 2.3 – Specifikace CNC obráběcího centra Doosan DNM 500 II.....	16
Tabulka 2.4 – Technologický postup.....	19
Tabulka 3.1 – Vlastnosti oceli 42CrMo4.....	26

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu prof. Dr. Ing. Ivanu Mrkvicovi, za odborné vedení práce a poskytnutí podkladových materiálů.